

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-002189
 (43)Date of publication of application : 07.01.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 02-102435
 (22)Date of filing : 18.04.1990

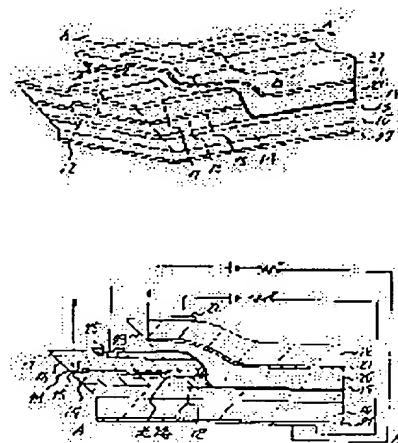
(71)Applicant : NEC CORP
 (72)Inventor : UENO SHINSUKE

(54) SURFACE EMITTING SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a surface emitting semiconductor laser having multiple stages of emitting functions in a direction perpendicular to the laminated surface of a semiconductor layer by so constructing that the end face of a first double hetero structure and the end face of a second double hetero structure formed thereon through an insulating layer have oblique surfaces of 45 degrees in a longitudinal direction of a resonator.

CONSTITUTION: A window is opened in parallel with an end face over 50μm from an end face on which a first clad layer 14 to fourth clad layer 22 are grown by using a photoresist method, and so dry etched that the upper part of the end face is pushed out obliquely at 45 degrees to the longitudinal direction of a resonator. When the dry etching is executed in depth until the surface of a high resistance layer 17 is exposed, a second oblique surface 23 in which a light oscillated by a second active layer 21 is reflected perpendicularly, is formed. Then, the entire surface is covered with a resist film, and the same end face side is so dry etched that the layer 17 is arrived at a substrate in a pushing direction obliquely at 45 degrees to the longitudinal direction of the resonator. Thus, a first oblique surface 24 in which the light oscillated in a first active layer 15 is reflected perpendicularly, is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報 (A) 平4-2189

⑮ Int. Cl. 5
H 01 S 3/18識別記号 庁内整理番号
6940-4M

⑯ 公開 平成4年(1992)1月7日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全8頁)

⑭ 発明の名称 面発光半導体レーザ

⑮ 特 願 平2-102435

⑮ 出 願 平2(1990)4月18日

⑯ 発明者 上野 真資 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
 ⑰ 出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号
 ⑯ 代理人 弁理士 内原 晋

明細書

1. 発明の名称

面発光半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

1. 表面に凸状ストライプ領域を有し、かつ該凸状ストライプ領域の側面および前記凸状ストライプ領域の両側の平坦な面に電流ブロック層を有する半導体基板上に、第1の活性層を該第1の活性層よりもバンドギャップの広い材質からなる第1および第2のクラッド層で挟んだストライプ状の第1のダブルヘテロ構造を共振器の長て方向に少くとも一方の端面を含んで設け、該第1のダブルヘテロ構造に隣接して絶縁層を設け、第2の活性層を該第2の活性層よりもバンドギャップの広い材質からなる第3および第4のクラッド層で挟んだストライプ状の第2のダブルヘテロ構造を該絶縁層に隣接すると共に該第1のダブルヘテロ構造の少くともその一部

に積重なって具備し、さらに該第2のダブルヘテロ構造が該凸状ストライプ領域上面のストライプ状キャリア注入領域にも隣接し、該第1のダブルヘテロ構造の端面と該第1のダブルヘテロ構造に積重なった第2のダブルヘテロ構造の端面とが共振器の長て方向において、該凸状ストライプ領域上面に対して共振器の長て方向に切れこむ45度の斜面を有している事を特徴とする面発光半導体レーザ。

2. 請求項1記載の面発光半導体レーザの凸状ストライプ領域を凹状ストライプ領域にした事を特徴とする面発光半導体レーザ。

3. 請求項1および2記載の面発光半導体レーザにおいて、第1の活性層と第2の活性層とのバンドギャップが異なる事を特徴とする面発光半導体レーザ。

4. 請求項3の面発光半導体レーザにおいて該第2の活性層のうち該ストライプ状キャリア注入領域に隣接した領域が該第1の活性層の共振器の長て方向その延長線上に位置し、該第1の活

性層のうち該ストライプ状キャリア注入領域に隣接した部分の少くとも一部を含む領域から半導体層の積層面に対して垂直になるように基板に隣接した該第1のクラッド層表面が露出するまで該基板に穴を開けた事を特徴とする面発光半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は光情報処理分野において光スイッチ素子や光論理演算素子等の光源として用いられる面発光半導体レーザに関する。

〔従来の技術〕

平面に対して垂直方向に光を放出する面発光素子は高速光スイッチ、光論理演算、光画像処理などの機能をもつ機器の光源として用いられ、光情報処理装置、光コンピュータなどの基本的な光機能デバイスとして広く注目され、現在研究開発が進められている。この面発光半導体レーザとしては、半導体層の積層面に対して垂直な方向にキャビティを持つ構造や、二次のグレーティングにより、共振器長で方向へ進行する光の一部を垂直方向に放出する構造がある。また、これとは異なり、共振器長で方向の延長上に45度の反射ミラーをもつ構造の半導体レーザがある。この半導体レーザは、グレーティングを設けた半導体レーザよりも構造・製法が簡単で有効な半導体レーザとしてリウ(Z.L.Liau)とウォルポール(J.N.Walpole)とによりアプライド・フィシックス・レター(Applied Physics Letters)1985年46巻No15 115頁から117頁に発表されている。この半導体レーザは第8図に示すようにストライプ状のレーザ共振器101の延長上に45度の反射面102を形成し共振器から放出する光を45度の反射面で垂直方向に反射するものである。

〔発明が解決しようとする課題〕
垂直キャビティ構造や二次のグレーティング構造の面発光半導体レーザは、構造がきわめて複雑であり、面発光素子の最大の利点である二次元的な配列をしてマトリックス的なレーザ発振をさせ

る場合、均一なレーザ発振をしないおそれがある。また、45度ミラーを用いた構造では、きれいな発光パターンは得られておらず再現性にかけている欠点がある。

さらに上記のすべての素子は単体もしくは单一平面内の試作であり光集積回路として重要である半導体層の積層面に垂直な方向への多段階の集積はいまだに提案されていない。また面発光型デバイスを組合せて光情報処理を行う場合には単に面発光をするばかりでなく半導体層の積層面に垂直な方向から注入される光に反応する素子構造も必要である。

本発明の目的は上記諸欠点を除去し安定にかつ効率よく垂直方向への光の放出をするとともに半導体層の積層面に垂直な方向に多段階の放出機能を具備し、また半導体層の積層面に垂直な方向から注入する光にも反応する面発光半導体レーザを提供する事にある。

〔課題を解決するための手段〕

前述の課題を解決するために本発明が提供する

第1の手段は、表面に凸状ストライプ領域を有し、かつ該凸状ストライプ領域のうち当該ストライプ領域上面の一部をしめるストライプ状キャリア注入領域を除いた領域(すなわち、凸状ストライプ領域の側面)および前記凸状ストライプ領域の両側の平坦な面に電流ブロック層を有する半導体基板上に、第1の活性層を該第1の活性層よりもバンドギャップの広い材質からなる第1および第2のクラッド層で挟んだストライプ状の第1のダブルヘテロ構造を共振器の長さ方向に少くとも一方の端面を含んで設け、該第1のダブルヘテロ構造に隣接して絶縁層第を設け、第2の活性層を該第2の活性層よりもバンドギャップの広い材質からなる第3および第4のクラッド層で挟んだストライプ状の第2のダブルヘテロ構造を該絶縁層に隣接すると共に該1のダブルヘテロ構造の少くとも一部に積重って具備し、さらに該第2のダブルヘテロ構造が該ストライプ状キャリア注入領域にも隣接した状態において、該第1のダブルヘテロ構造の端面と該第1のダブルヘテロ構造に積重なっ

た該第2のダブルヘテロ構造の端面とが共振器の長て方向において、該凸状ストライブ領域上面に對して共振器の長て方向に切れこむ45度の斜面を有している事を特徴とする面発光半導体レーザである。

本発明の第2の手段は上記第1の手段において凸状ストライブ領域を凹状ストライブ領域にする事を特徴とする面発光半導体レーザである。

本発明の第3の手段は上記第1の手段もしくは第2の手段において第1の活性層と第2の活性層とのバンドギャップが異なり互いに異なる波長で発振する事を特徴とする面発光半導体レーザである。

本発明の第4の手段は本発明の第3の手段において該第1の活性層と該第2の活性層のうち該ストライブ状キャリア注入領域に隣接した部分とが共振器の長て方向においてその延長上に位置し該第1活性層のうち該ストライブ状キャリア注入領域に隣接した部分の少くとも一部を含む領域から半導体層の横層面に対して垂直になるように、基

板に隣接した該第1のクラッド層表面が露出するまで該基板に穴をあける事を特徴とする面発光半導体レーザである。

〔実施例〕

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明の第1の実施例の斜視図、第2図と第3図は各々第1図のA-A'、B-B'断面図であり、第4図は本発明の第2の実施例の斜視図、第5図は本発明の第3の実施例の共振器長て方向の断面図、第6図は本発明の第4の実施例の共振器長て方向の断面図である。

第7図に示したように、p形GaAs基板101上にSiO₂膜11を設け、フォトレジスト法で共振器の長て方向に幅3μmのストライブ状にSiO₂膜を残してその外部に窓をあけ深さ1.0μmエッチングする。その後SiO₂膜11をそのまま拡散マスクとしてn形不純物S(イオウ)を深さ0.5μm拡散する。このとき凸状領域12にはその側面からSがそれぞれ深さ0.5μm拡散され凸状の上面2μm程度がそのままp形GaAs

としてストライブ状に残りこの領域がストライブ状キャリア注入領域12となる。S(イオウ)は凸状外部のエッチングされた平面部分にも深さ0.5μm拡散され凸状領域の両側面およびその外部の平面部分全体がn形に変換され、これらの領域は電流ブロック層13となる。次にSiO₂膜11を除去した後p形Al_{0.15}Ga_{0.85}As第1クラッド層14を0.8μm、アンドープAl_{0.15}Ga_{0.85}As第1活性層15を0.06μm、n形Al_{0.15}Ga_{0.85}As第2クラッド層16を0.8μm、FeドープAl_{0.15}Ga_{0.85}As高抵抗層17を0.2μmMOVPE法で連続成長する。

上記成長においてMOVPE法は有機金属を用いた気相成長法であるので混合ガスの組成を変化させる事で任意の組成の層を任意の多層に容易に成長させる事ができるので本発明の構造の成長を制御よく行う事ができる。更にMOVPE法では各組成の粒子が結合しながら成長していくので本発明の構造の如く凸状の形状をもつ基板上に多層成長させると凸状の領域では凸部の形状に沿って

一様な層厚の層が成長していく。

次に成長表面にフォトレジスト法を用いて共振器端面から250μmレジスト膜を残して端面に平行に窓をあけ各成長層をエッチングする。上記エッチングはリン酸系のエッチング液で容易にエッチングする事ができる。エッチングにより凸状領域をもつ基板表面があらわれた後アンモニア液と過酸化水素水との混合液で表面をエッチングする。この混合液ではGaAsはエッチングされるがAlGaAsでは表面が酸化されエッチングされない。このときGaAs基板ではn形に変換された電流ブロック層13がエッチングされてしまわないよう注意する。こうして成長層の表面には高抵抗層17、また成長層のエッチング側面には酸化された各AlGaAs成長層が形成され成長層表面全体は電気的に絶縁される(AlGaAs酸化側面18)。

次にレジスト膜を除去後、AlGaAsとGaAsを数Aずつ交互にくりかえして成長し、超格子膜19を形成する。この超格子膜は組成と膜厚

との調整によりレーザ光に対して全反射膜にする事ができる。これに続いて p 形 A_l_{0.15}G_a_{0.85}A_s 第 3 クラッド層 20 を 1.0 μm, アンドープ A_l_{0.15}G_a_{0.85}A_s 第 2 活性層 21 を 0.04 μm n 形 A_l_{0.15}G_a_{0.85}A_s 第 4 クラッド層 22 を 1.0 μm MOVPE 法で連続成長する。これらの成長層は凸状領域をもつ基板の上と前記高抵抗層 17 および酸化された AlGaAs 成長側面 18 に沿って成長する。

次にフォトレジスト法を用いて第 1 クラッド層 14 から第 4 クラッド層 22 までが成長した端面から 50 μm にわたって端面に平行に窓を開け共振器の長さ方向に対して斜め 45 度端面上部がせり出した形状にドライエッティングする。このときレジスト膜がエッティングマスクとなる。またドライエッティングをする際には垂直なドライエッティングビームに対して基板を 45 度傾むけておくとよい。ドライエッティングの深さは高抵抗層 17 の表面が出るまでおこなうと第 2 活性層 21 で発振した光が垂直方向に反射される第 2 斜面 23 が形成

10 に達する深さまで形成する。この n 形 GaAs 層が電流ブロック層 13 となるが、第 1 の実施例よりも電流ブロック効果は大きくより効果的である。他は第 1 の実施例と同様に作ると本発明の第 2 の実施例の面発光半導体レーザが得られる(第 4 図)。

上記第 1 と第 2 との実施例において第 1 活性層 15 をアンドープ A_l_{0.15}G_a_{0.85}A_s 第 1 活性層 28 とすると、本発明の第 3 の実施例の面発光半導体レーザが得られる(第 5 図)。この第 3 の実施例において、第 3 クラッド層 19 の成長層厚を調整し、ストライプ状キャリア注入領域 12 の上の第 1 活性層 28 と凸状領域もしくは凹状領域をもつ基板上に成長した第 2 活性層 21 のうち、ストライプ状キャリア注入領域に隣接した部分とが共振器の長さ方向において同一平面内にくるようになる。次に凸状領域もしくは凹状領域をもつ基板上に成長した第 1 活性層 28 のうちストライプ状キャリア注入領域 12 の上に位置する部分の一部から基板に垂直におろした点を中心としてレジ

される。

次に表面全体をレジスト膜でおおい、上記と同じ端面側を共振器の長さ方向に対して斜め 45 度高抵抗層 17 がせり出す方向に基板に達するまでドライエッティングする。こうして第 1 活性層 15 で発振した光が垂直方向に反射される第 1 斜面 24 が形成される。

次に高抵抗層 17 に溝を第 2 クラッド層 16 まであけ、この溝に第 1 n 形オーミックコンタクト 25 を形成する。また、第 4 クラッド層 21 の表面に第 2 n 形オーミックコンタクト 26 をつけ、p 形 GaAs 基板 10 に p 形オーミックコンタクト 27 をつけると本発明の第 1 の実施例の面発光半導体レーザが得られる(第 1 図、第 2 図、第 3 図)。

上記第 1 の実施例において基板に形成した凸状領域のかわりに基板に凹状領域を形成する。このとき第 8 図の如く p 形 GaAs 基板 10 上に n 形 GaAs 層を形成し n 形 GaAs 層に共振器の長さ方向にストライプ状の溝を p 形 GaAs 基板

スト膜を保護膜としてドライエッティングおよび化學エッティングを用いて第 1 クラッド層 14 の表面が現われるまで基板 10 に穴 29 をはると本発明の第 4 の実施例の面発光半導体レーザが得られる。このとき超格子反射膜 19 は第 1 活性層 28 のレーザ光を 50 % 反射するようにしておく。(第 6 図)。

[作用]

第 1 n 形オーミックコンタクト 25 と基板 10 上の p 形オーミックコンタクト 27 との間に電圧をかけると次の動作が生じる。

本発明の構造において p 形基板 10 では凸状の上面の中央部分以外はその表面部分は電流ブロック層 13 になっているので、p 形基板側から注入された電流は凸状の上面の中央部分のキャリア注入領域 12 のみを通って第 1 クラッド層 14 に注入されこの層に隣接する第 1 活性層 15 に注入される。このときキャリアは凸状の上に位置する部分の第 1 活性層 15 に注入される。活性層に注入されたキャリアは活性層水平横方向に拡散してい

き凸状領域の上に位置する部分を中心として利得分布を形成しレーザ発振を開始する。

特に本発明の構造では第3図にみられるように活性層水平横方向において活性領域となる凸状部分にある活性層は第2クラッド層16にはさみこまれている。従って活性層の光は活性層水平横方向では屈折率の高い活性領域に集光し正の屈折率分布にもとづく正の屈折率ガイドィング機構によりモード制御されている。よって安定な基本横モード発振を維持することができる。

上記のレーザ発振において共振器の長て方向において第1活性層15の活性領域で発光した光の一方はAlGaAs酸化側面18をへて超格子反射膜19に達し全反射される。全反射した光は活性領域を通り第1斜面24方向へ進行し第1斜面24で直角に反射され垂直方向に進行する。こうして高抵抗層17に達すると一部は放出され他は反射されもとの道を逆にもどり最終的には高抵抗層17と超格子反射膜19との間に共振器が形成されレーザ発振が生じる(第2図の破線)。

また、まがりの曲率が小さいので光は活性層内に集光して進行する。光のうち第2斜面23の方へ進行したものは第2斜面23で直角に反射され、垂直上方向に進行していく。そして一部は第4クラッド層22から放出され、一部は反射されてもとの道をもどり共振器端面に達し、第4クラッド層と共振器端面との間に共振器が形成されレーザ発振が生じる。

また本発明の構造では、第1クラッド層14、第1活性層15、第2クラッド層16のダブルヘテロ構造のまわりは電気的に絶縁されているので、第3クラッド層20、第2活性層21、第4クラッド層22のダブルヘテロ構造とそれぞれ独立に動作させる事ができる。面発光する2つの発振光をレンズで集光して強度変化(両者発振、片方発振、両者とも発振なし)として利用することもでき、また発振点が $50\mu m$ はなれているので、それぞれ独立した面発光光源として利用することもできる。

本発明の第2の構造では、上記の凸状領域を凹

また、第2n形オーミックコンタクト26と基板10上のp形オーミックコンタクト27との間に電圧をかけると上記と同様な動作が第2活性層21において生じる。すなわち、p形基板10から注入された電流は凸状領域上面の中央部分のキャリア注入領域12のみを通り第3クラッド層20から第2活性層21に注入される。そしてこの第2活性層21のうち凸状領域の上に位置する部分を中心として利得分布が形成されレーザ発振を開始する。

この活性領域となる凸状領域の上に位置する部分の活性層はその両端は第4クラッド層22ではさみこまれている。従って光は屈折率の高い活性領域に集光し正の屈折率ガイドィング機構でモード制御される。よって安定な基本横モード発振を維持することができる。

共振器の長て方向において、活性領域で発光した光は第2活性層21のうち凸状領域の上に位置する部分を進行する。第2図に示すように、この活性層はまがっているが、活性層の屈折率が高く、

状領域にしたものである。上記の第1の実施例と同様な原理で動作し同じ効果をもつが凹状にしたことにより更に次の効果をもつ。まず、凹状領域の電流注入領域を形成する際には、実施例で述べた如く、p形GaAs基板10上にn形GaAs層を成長した後ストライブ状の溝をp形GaAs基板に達するまであける。このときn形GaAs層が電流ブロック層13となるが、第1の実施例よりも電流ブロック効果が大きい。従ってp形GaAs基板10から注入されたキャリアはより有効に活性層内にはいりレーザ発振に寄与するため、第1の実施例より低閾値発振が可能である。

更に、この第2の構造の場合第1活性層15の活性領域両端は第1クラッド層14で挟まれ、第2活性層21の両側は第3クラッド層20で挟まれ、それぞれ正の屈折率ガイドィング機構をもっているが、この第2活性層の両側の幅は第1活性層15につみ重なった領域では、第1活性層15の共振器の長て方向にはなれて形成されたストライブ状キャリア注入領域に隣接した部分の第2活性

層21よりも狭くなっている。この広い幅をもつ領域の第2活性層21が活性領域となるのに対し、レーザ発振光が第2斜面23方向に進行すると第2活性層は横幅の狭い光導波路として作用するので、第2斜面23で反射されて垂直に放射される光は集光されたものになっている。これに対して第1の実施例では逆に反射される領域近傍の第2活性層の横幅は広くなる傾向にあり、光の集光性は悪くなる。

本発明の第3の構造では、第1活性層28と第2活性層21とのレーザ発振波長が異なる。従って第1斜面24で直角に曲がり垂直に放射されるレーザ発振光が波長 λ_1 であるのに対し、第2斜面23で直角に曲がり垂直に放射されるレーザ発振光の波長は λ_2 となり、2波長面発光レーザになる。

本発明の第4の構造では、第1活性層28と第2活性層21の活性領域とがストライプ長で方向に連なっており、更に、第1活性層28の活性領域の一部を含んだ垂直方向の基板に穴29があ

以上の如く第4の実施例では垂直に注入した光により第1と第2の活性層が光ポンプにより発振し、2波長を垂直方向に放射する事ができる。一般に光情報処理として重要な光論理回路等では光機能素子を集積化し、それを多段階につみ重ねて使用する方法が考えられているが、本発明はそのキーエлементになる。

〔発明の効果〕

本発明の構造は前記リウ等の試作した面発光レーザの如く単に面発光するのではなく以下の如き利点を有する。

- (1) 垂直方向レーザ発振光源を積み重ねた構造を2個もち、独立の面発光光源として利用できるばかりではなく、2個の発振光をレンズで集光すれば三種類の強度変化（2個発振、片方発振、両者とも発振なし）光源として利用する事ができる。
- (2) 両者のバンドギャップをかえる事により2波長面発光レーザとして用いる事ができる。
- (3) 更に垂直に穴からレーザ光を注入する事によ

ている。このとき実施例の如く第1活性層28のバンドギャップ（レーザ発振波長 λ_1 ）は第2活性層21のバンドギャップ（レーザ発振波長 λ_2 ）よりも広くしておく。この構造において、第1活性層28と第2活性層21とをそれぞれがレーザ発振する直前程度に励起しておく。この状態において穴29から λ_1 より波長の長いレーザ光を注入してやる。第1活性層はこの光を吸収し、この領域のキャリアが励起され、その結果光ポンプによりレーザ発振を開始する。このレーザ発振光のうち、AlGaAs酸化側面18をへて超格子反射膜19に達したものはその50%は反射され再びもとの道をたどり、のこりの光は透過して第3クラッド層20内を進行するが、その共振器長で方向に屈折率の高い第2活性層21があるので、これに集光して進行する。その結果、第2活性層21も光ポンプによりレーザ発振を開始する。これに対し、穴29からのレーザ注入光の波長 λ_2 が $\lambda_1 < \lambda_2$ のときは第1活性層は注入光を吸収しないので光ポンプは生せずレーザ発振も生じない。

りレーザ発振領域をレーザポンピングして注入レーザ光に応じた2波長面発光する事も可能である。

なお、実施例はAlGaAs/GaAsダブルヘテロ接合結晶材料について説明したがその他の結晶材料例ええばGaInP/AlGaInP, InGaAsP/InGaP, InGaAsP/InP, AlGaAsSb/GaAsSb等多くの結晶材料の半導体レーザにも本発明は適用できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例の斜視図、第2図と第3図は各々第1図のA-A', B-B'断面図であり、第4図は本発明の第2の実施例の斜視図、第5図は本発明の第3の実施例の共振器長で方向の断面図、第6図は本発明の第4の実施例の共振器長で方向の断面図、第7図は第1の実施例の製作過程において基板上に電流ブロック層を形成したときの断面図、第8図は従来の面発光

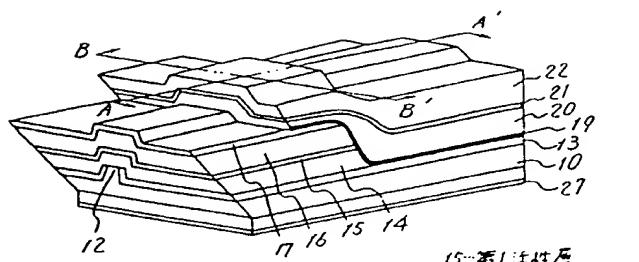
レーザの模式図である。

図において

1 0 …… p 形 GaAs 基板、 1 1 …… SiO₂
 膜、 1 2 …… 凸状領域、 1 3 …… 電流ブロック層、
 1 4 …… p 形 Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 1 クラッド層、
 1 5 …… アンドープ Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 1 活性層、
 1 6 …… n 形 Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 2 クラッド層、
 1 7 …… Fe ドープ Al_{0.45}Ga_{0.55}As 高抵抗層、
 1 8 …… AlGaAs 酸化側面、 1 9 ……
 超格子反射膜、 2 0 …… p 形 Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 3 クラッド層、
 2 1 …… アンドープ Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 2 活性層、
 2 2 …… n 形 Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 4 クラッド層、
 2 3 …… 第 2 斜面、
 2 4 …… 第 1 斜面、 2 5 …… 第 1 n 形オーミック
 コンタクト、 2 6 …… 第 2 n 形オーミックコンタクト、
 2 7 …… p 形オーミックコンタクト、 2 8 ……
 アンドープ Al_{0.45}Ga_{0.55}As 第 1 活性層、
 2 9 …… 穴、 1 0 1 …… レーザ共振器、 1 0 2 ……
 4.5 度の反射面

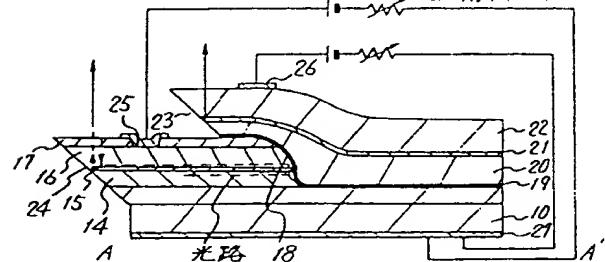
をそれぞれ示す。

代理人 奈理士 內 原 謹

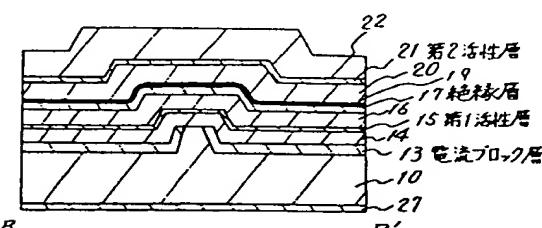


第 1 図

15...第1活性層
 21...第2活性層
 18...AlGaAs氧化側面
 19...超格子反射膜
 23...第2斜面
 24...第1斜面

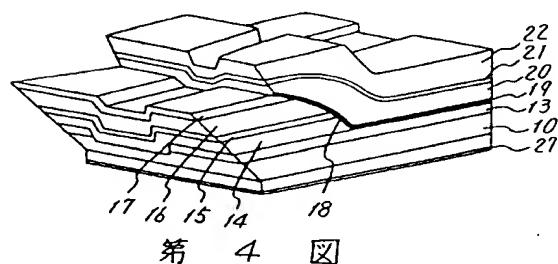


第 2 四

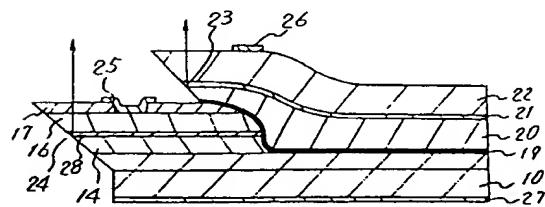


第 3 図

18...AlGaAs酸化側面
19...超格子反射面

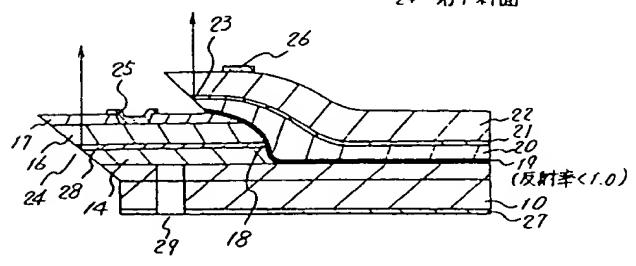


第 4 四

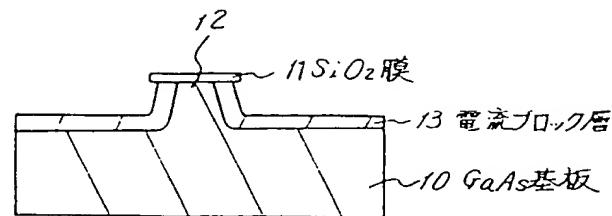


第 5 図

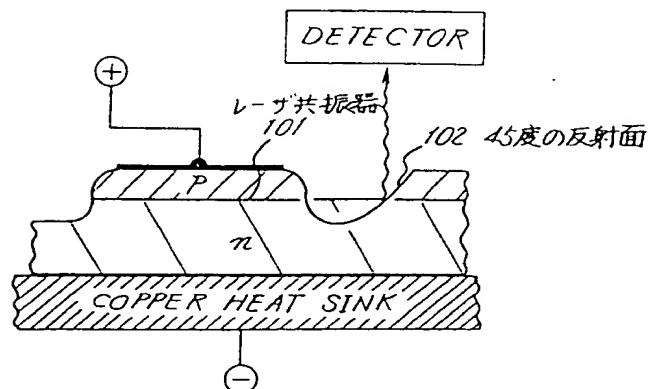
28...第1活性層
 21...第2活性層
 18...AlGaAs钝化側面
 19...超格子反射膜
 23...第2斜面
 24...第1斜面



第 6 図



第 7 図



第 8 図